

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**No title available .**

Patent Number: DE19545186

Publication date: 1997-06-05

Inventor(s): EDELMANN HEINER DR ING (DE); NOELSCHER CHRISTOPH DR RER NAT (DE); SCHREPFER WOLFGANG DIPLOM DR (DE); VOLLMAR HORST-E DR ING (DE)

Applicant(s):: SIEMENS AG (DE)

Requested Patent:  DE19545186

Application Number: DE19951045186 19951204

Priority Number (s): DE19951045186 19951204

IPC Classification: H01M8/06 ; H01M8/12

EC Classification: H01M8/06B2, H01M8/06B2BEquivalents:  EP0865674 (WO9721257), A3, JP2000501227T, NO982448,   WO9721257

---

**Abstract**

---

The invention concerns a method of operating a high-temperature fuel cell system (2) comprising a high-temperature fuel cell module (4) with an anode part (20) and a cathode part (22). The fuel gas necessary for the electrochemical reaction is generated by a gas reforming process, more hydrogen (H<sub>2</sub>) being generated than is consumed during the electrochemical reaction in the high-temperature fuel cell module (4). The hydrogen (H<sub>2</sub>) not consumed in the high-temperature fuel cell module (4) is made available for further use outside the high-temperature fuel cell module (4). Owing to this measure, the efficiency of the high-temperature fuel cell system (2) is optimized.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(18) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

# Offenlegungsschrift

(10) DE 195 45 186 A 1

(51) Int. Cl.:

H 01 M 8/06

H 01 M 8/12

(21) Aktenzeichen: 195 45 186.4  
(22) Anmeldetag: 4. 12. 95  
(23) Offenlegungstag: 5. 6. 97 /

(71) Anmelder:

Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:

Nölscher, Christoph, Dr.rer.nat., 90419 Nürnberg,  
DE; Vollmar, Horst-E., Dr.-Ing., 91074  
Herzogenaurach, DE; Edelmann, Heiner, Dr.-Ing.,  
91085 Weisendorf, DE; Schrepfer, Wolfgang,  
Dipl.-Ing. Dr., 91074 Herzogenaurach, DE

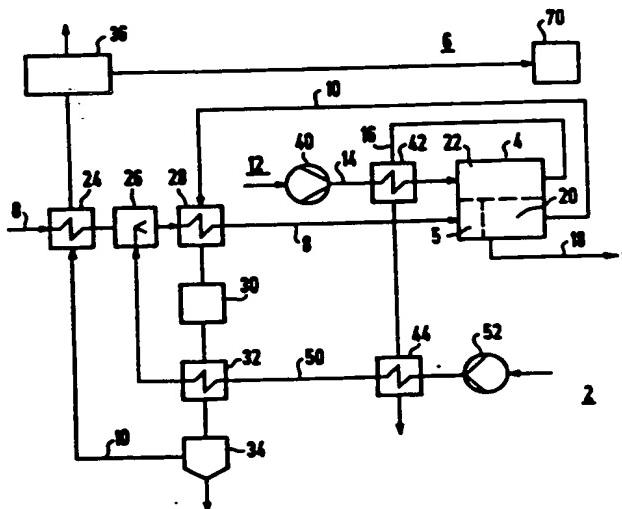
(56) Entgegenhaltungen:

DE 43 30 623 A1  
DE 40 38 652 A1  
EP 04 30 017 A2

Prüfsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Verfahren zum Betreiben einer Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlage und  
Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlage

(57) Bei dem Verfahren zum Betreiben einer Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlage (2), die ein Hochtemperatur-Brennstoffzellenmodul (4) mit einem Anoden- (20) und einem Kathodenteil (22) umfaßt, wird das für die elektrochemische Reaktion erforderliche Brenngas durch einen Reformierungsprozeß erzeugt, wobei mehr Wasserstoff H<sub>2</sub> erzeugt wird, als bei der elektrochemischen Reaktion in dem Hochtemperatur-Brennstoffzellenmodul (4) verbraucht wird. Durch diese Maßnahme wird die Leistungsdichte der Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlage (2) optimiert.



DE 195 45 186 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen  
BUNDESDRUCKEREI 04. 97 702 023/474

DE 195 45 186 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Betreiben einer Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlage und eine Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlage.

Zum Betreiben einer Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlage werden kohlenwasserstoffhaltige Brennstoffe, beispielsweise Erdgas, Heizöl, Naphta oder Biogas, verwendet. Diese Brennstoffe müssen in der Regel für den Betrieb der zu Hochtemperatur-Brennstoffzellenmodulen zusammengefaßten Hochtemperatur-Brennstoffzellen in geeigneter Weise aufbereitet, d. h. reformiert werden.

Die kohlenwasserstoffhaltigen Brennstoffe durchlaufen dabei vor der elektrochemischen Reaktion in der Hochtemperatur-Brennstoffzelle nach einer Befeuchtung einen Reformierungsprozeß, bei dem als gasförmige Reformationsprodukte CO, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O entstehen. Die auch als Reformat bezeichneten gasförmigen Reformationsprodukte bilden nunmehr das geeignete Brenngas für den Betrieb des Hochtemperatur-Brennstoffzellenmoduls.

Der Prozeß der Reformierung kann dabei extern oder intern, d. h. außerhalb oder innerhalb des Hochtemperatur-Brennstoffzellenmoduls, mit oder ohne Nutzung des Wärmeinhaltes eines Anodenabgases des Hochtemperatur-Brennstoffzellenmoduls erfolgen.

Eine interne Reformierung ist beispielsweise aus dem Bericht "Verfahrenstechnik der Hochtemperaturbrennstoffzelle" von E. Riensche, VDI-Berichte 1174 (1995), Seiten 63 bis 78 bekannt, bei der die Abwärme mit großem Wärmeinhalt, welche bei einer elektrochemischen Verbrennung in dem Hochtemperatur-Brennstoffzellenmodul entsteht, für die interne Reformierung des Brenngases verwendet wird. Erfolgt die Reformierung in dem Hochtemperatur-Brennstoffzellenmodul aber außerhalb eines Anodenteils, so wird dies als indirekte interne Reformierung bezeichnet. Eine Reformierung im Anodenteil wird dementsprechend direkte interne Reformierung genannt.

Die für einen externen Reformierungsprozeß aus dem Stand der Technik, insbesondere aus dem Bericht "Erzeugung und Konditionierung von Gasen für den Einsatz in Brennstoffzellen", von K.H. van Heek, VDI-Berichte 1174 (1995), Seiten 97 bis 116, bekannten externen Reformer sind so ausgelegt und konstruiert, daß gerade soviel Brenngas reformiert wird, wie für den Umsatz in dem Hochtemperatur-Brennstoffzellenmodul für die elektrochemische Verbrennung benötigt wird. Diese Auslegung gilt ebenfalls bei direkter bzw. indirekter interner Reformierung.

Die aus dem Stand der Technik bekannten Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlagen sind somit für eine optimal hohe Brenngasausnutzung in der elektrochemischen Reaktion ausgelegt. Das reformierte Brenngas wird somit ausschließlich zum Zwecke der Nutzung innerhalb der Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlage verwendet.

Durch diese Auslegung existiert ein Konzentrationsgefälle des Brenngases über die gesamte aktive Fläche für die elektrochemische Reaktion innerhalb des Hochtemperatur-Brennstoffzellenmoduls. Diese Abreicherung des Brenngases über die aktive Fläche bis zum Ausgang des Hochtemperatur-Brennstoffzellenmoduls kann bis zu 80—90% betragen. Infolge dieser Abreicherung kommt es zu einer Diffusionshemmung innerhalb des Elektrolyten des Hochtemperatur-Brennstoffzellenmoduls, was wiederum zu erheblichen Einbußen der

Leistungsdichte des Hochtemperatur-Brennstoffzellenmoduls führt.

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betreiben einer Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlage anzugeben, bei dem die Leistungsdichte einer Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlage optimiert wird. Außerdem soll eine Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlage zur Durchführung des Verfahrens angegeben werden.

10 Die erstgenannte Aufgabe wird gemäß der Erfindung gelöst mit den Merkmalen des Verfahrens des Patentanspruches 1. Die zweitgenannte Aufgabe wird gemäß der Erfindung mit den Merkmalen der Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlagen der Patentansprüche 5 oder 6.

15 Bei dem Verfahren zum Betreiben einer Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlage, die ein Hochtemperatur-Brennstoffzellenmodul mit einem Anoden- und einem Kathodenteil umfaßt, und bei dem das für die elektrochemische Reaktion erforderliche Brenngas durch einen Reformierungsprozeß erzeugt wird, wird gemäß der Erfindung mehr Wasserstoff H<sub>2</sub> erzeugt, als bei der elektrochemischen Reaktion in dem Hochtemperatur-Brennstoffzellenmodul verbraucht wird. Dies führt zu einer Optimierung der Leistungsdichte des Hochtemperatur-Brennstoffzellenmoduls, da durch die hohe Konzentration des Brenngases über die gesamte aktive Fläche des Hochtemperatur-Brennstoffzellenmoduls die elektrische Leistungsdichte höher ist als bei den aus dem Stand der Technik bekannten Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlagen, die auf eine hohe Brenngasausnutzung im Hochtemperatur-Brennstoffzellenmodul ausgelegt sind.

20 Bei den bekannten Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlagen existiert durch die Abreicherung des Brenngases, die bis hin zu einem Abweg des Anodennteils zwischen 80 und 90% betragen kann, eine Diffusionshemmung, die zu erheblichen Leistungseinbußen führt.

25 Außerdem muß bei dem Verfahren gemäß der Erfindung das Hochtemperatur-Brennstoffzellenmodul nicht auf einen hohen Zellwirkungsgrad ausgelegt werden. Es kann statt dessen eine unter Umständen deutlich niedrigere Zellspannung und damit eine wesentlich erhöhte Leistungsdichte als in einer auf Stromerzeugung optimierten Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlage gewählt werden, beispielsweise 0,5 bis 0,7 Volt Zellspannung anstatt 0,8 Volt Zellspannung. Aufgrund dieser beiden Effekte ist also für eine gewünschte elektrische Leistung weniger aktive Fläche notwendig, als bei bekannten Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlagen. Die durch den bei erniedriger Zellspannung verminderten elektrischen Wirkungsgrad entstehende erhöhte Abwärme kann dann beim erfindungsgemäßen Verfahren im wesentlichen für zusätzliche Reformierung verwendet werden. Durch diese Maßnahme kann eine Kühlung des Hochtemperatur-Brennstoffzellenmoduls, die im Stand der Technik mit bis zu 10facher Überschußluft durchgeführt wird, reduziert werden. Der Luftdurchsatz kann auf die für die elektrochemische Reaktion in dem Hochtemperatur-Brennstoffzellenmodul notwendige Menge begrenzt bleiben. Luftgebläse, Luftwärmetauscher und Luftkanäle können entsprechend kleiner dimensioniert werden, wodurch der apparative Aufwand verringert und zusätzlich Kosten eingespart werden können.

30 35 40 45 50 55 60 65 Vorzugsweise wird der Wärmeinhalt aus der elektrochemischen Verbrennung im Hochtemperatur-Brennstoffzellenmodul zum Reformieren des Brenngases verwendet.

Insbesondere wird das Brenngas innerhalb des Hochtemperatur-Brennstoffzellenmoduls reformiert. Durch kann der Wärmeinhalt der elektrochemischen Verbrennung ohne zusätzliche externe Leitungen für eine Übertragung des Wärmeinhaltes direkt der Reformierung zugeführt werden.

In einer weiteren Ausgestaltung gemäß der Erfindung wird das Brenngas vor dem Eintreten in das Hochtemperatur-Brennstoffzellenmodul reformiert. Ein außerhalb des Hochtemperatur-Brennstoffzellenmoduls angeordneter Reformer wird hierbei mit dem Wärmeinhalt eines Anodenabgases beheizt.

Bei der Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlage gemäß Patentanspruch 5, die wenigstens ein Hochtemperatur-Brennstoffzellenmodul mit einem Anoden- und einem Kathodenteil umfaßt, ist gemäß der Erfindung eine als Speicher für den überschüssigen Wasserstoff H<sub>2</sub> vorgesehene Vorrichtung in einem Abweg des Anodenteils angeordnet. Der aus der Reformierung direkt entstandene überschüssige Wasserstoff H<sub>2</sub> kann mit diesem Speicher beispielsweise weiteren mobilen oder stationären Anlagen, die Wasserstoff H<sub>2</sub> zum Betrieb benötigen, zugeführt werden.

Bei der Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlage gemäß Patentanspruch 6, die wenigstens ein Hochtemperatur-Brennstoffzellenmodul mit einem Anoden- und einem Kathodenteil umfaßt, ist gemäß der Erfindung eine als Verbraucher vorgesehene Vorrichtung in einem Abweg des Anodenteils angeordnet. In diesen Verbraucher wird der Wasserstoff H<sub>2</sub> direkt ohne Verwendung eines zusätzlichen Speichers eingespeist. Bei dem Verbraucher kann es sich beispielsweise um alle möglichen Verwendungen in verschiedenen Industriezweigen handeln, beispielsweise in der chemischen Industrie, bei denen Wasserstoff H<sub>2</sub> verwendet wird.

Vorzugsweise ist zum Reformieren eines Brenngases für eine elektrochemische Reaktion ein innerhalb des Hochtemperatur-Brennstoffzellenmoduls angeordneter Reformer vorgesehen. Dieser interne Reformer ist wenigstens mit einem Teil seines Bereiches in dem die Reformierung stattfindet beispielsweise in dem Anodenteil des Hochtemperatur-Brennstoffzellenmoduls integriert. Durch diese Maßnahme kann ein externer Reformer, der nicht innerhalb des Hochtemperatur-Brennstoffzellenmoduls angeordnet ist, entfallen.

Insbesondere ist wenigstens ein Wärmetauscher in dem Abweg des Anodenteils zur Übertragung des Wärmeinhaltes eines Anodenabgases über einen Zuweg an den innerhalb des Hochtemperatur-Brennstoffzellenmoduls angeordneten Reformer vorgesehen.

In einer weiteren Ausgestaltung gemäß der Erfindung ist ein Shift-Reaktor zur Erzeugung von Wasserstoff H<sub>2</sub> im Abweg des Anodenteils angeordnet. Durch den Shiftreaktor wird zusätzlicher Wasserstoff H<sub>2</sub> erzeugt.

Insbesondere ist der Shift-Reaktor zur Erzeugung von Wasserstoff H<sub>2</sub> zwischen den beiden Wärmetauschern in dem Abweg des Anodenteils angeordnet.

In einer weiteren Ausführungsform gemäß der Erfindung ist wenigstens ein Wärmetauscher in einem Abweg des Kathodenteils zur Abgabe des Wärmeinhaltes eines Kathodenabgases vorgesehen.

Vorzugsweise ist ein Reformer außerhalb des Hochtemperatur-Brennstoffzellenmoduls in einem Zuweg für den Anodenteil angeordnet.

Insbesondere ist ein Abweg des Kathodenteils zur Übertragung des Wärmeinhaltes eines Kathodenabgases an den Reformer vorgesehen.

In einer weiteren Ausgestaltung gemäß der Erfindung

ist im Abweg des Kathodenteils ein Abzweig zur Übertragung des Wärmeinhaltes eines Kathodenabgases an den Reformer vorgesehen.

Vorzugsweise ist der Abweg des Anodenteils zur Übertragung des Wärmeinhaltes eines Anodenabgases an den externen Reformer vorgesehen.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Ausführungsbeispiele der Zeichnung verwiesen. Es zeigen:

10 Fig. 1 und Fig. 2 Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlagen gemäß der Erfindung in schematischer Darstellung.

Gemäß Fig. 1 umfaßt eine Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlage 2 einen Hochtemperatur-Brennstoffzellenmodul 4 mit einem Reformer 5 zur Reformierung eines Brenngases für das Hochtemperatur-Brennstoffzellenmodul 4. Das Hochtemperatur-Brennstoffzellenmodul 4 umfaßt einen Anoden- 20 und einen Kathodenteil 22. Der Reformer 5 ist in diesem Ausführungsbeispiel in den Anodenteil 20 integriert. In einer nicht dargestellten Ausführungsform kann sich der Reformer 5 auch außerhalb des Anodenteils 20 aber innerhalb des Hochtemperatur-Brennstoffzellenmoduls 4 befinden.

Außerdem umfaßt die Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlage 2 einen Anodenweg 6, der wiederum einen Zuweg 8 zum Anodenteil 20 des Hochtemperatur-Brennstoffzellenmoduls 4 und einen Abweg 10 vom Anodenteil 20 des Hochtemperatur-Brennstoffzellenmoduls 4 umfaßt, und einen Kathodenweg 12, der einen Zuweg 14 zum Kathodenteil des Hochtemperatur-Brennstoffzellenmoduls 4 und einen Abweg 16 vom Kathodenteil des Hochtemperatur-Brennstoffzellenmoduls 4 umfaßt.

Ein kohlenwasserstoffhaltiger Brennstoff wird über den Zuweg 8 des Anodenweges 6 in den Reformer 5 des Hochtemperatur-Brennstoffzellenmoduls 4 eingespeist und reformiert. Das bei der Reformierung entstehende Brenngas wird anschließend in dem Hochtemperatur-Brennstoffzellen-Modul 4 teilweise einer elektrochemischen Reaktion unterzogen.

Bei der Reformierung in dem Reformer 5 wird mehr Brenngas reformiert als bei der elektrochemischen Reaktion in dem Hochtemperatur-Brennstoffzellenmodul 4 verbraucht wird. In Summe werden wenigstens 10 bis 30% der Brenngasleistung in Überschuwasserstoff H<sub>2</sub> umgesetzt, insbesondere bei Zellspannungen < 0.8V. Die theoretische Obergrenze liegt beispielsweise bei der Reformierung von Methan bei 85 bis 55% bei Zellspannungen von 0.5 bis 0.8V. Dadurch wird ein Überschuß an Wasserstoff H<sub>2</sub> erzeugt, der über den Abweg 10 des Anodenweges 6 des Anodenteils 20 einer Vorrichtung 70 für eine weitere Verwendung zugeführt werden kann. Bei der Vorrichtung 70 kann es sich um einen Speicher oder einen Verbraucher handeln.

55 In dem Zuweg 8 sind in Durchflußrichtung der Reihenfolge nach ein Wärmetauscher 24, ein Wassereinspritzer 26 und ein weiterer Wärmetauscher 28 angeordnet. Der kohlenwasserstoffhaltige Brennstoff wird in den Wärmetauschern 24, 28 erwärmt und im Wassereinspritzer 26 mit Wasserdampf befeuchtet.

In dem Abweg 10 des Anodenteils 20 des Hochtemperatur-Brennstoffzellenmoduls 4 sind in Durchflußrichtung der Reihenfolge nach der Wärmetauscher 28, ein Shift-Reaktor 30, ein zusätzlicher Wärmetauscher 32, ein Wasserabscheider 34, der Wärmetauscher 24, eine Wasserstoffabtrennvorrichtung 36 und die Vorrichtung 70 angeordnet.

In dem Anodenabgas in dem Abweg 10 sind im we-

sentlichen Kohlenmonoxid CO, Wasserstoff H<sub>2</sub>, Wasser H<sub>2</sub>O und Kohlendioxid CO<sub>2</sub> enthalten. Der in dem Anodenabgas enthaltene Anteil an Kohlenmonoxid CO und Wasserstoff H<sub>2</sub> hat typischerweise mehr als 10 bis 30% des Heizwertes der dem Hochtemperatur-Brennstoffzellenmodul 4 mit dem Brennstoff über den Zuweg 8 zugeführten Kohlenwasserstoffe.

Das Anodenabgas in dem Abweg 10 des Anodenteils 20 überträgt einen Teil seines Wärmeinhaltes in dem Wärmetauscher 28 an den Brennstoff für den Anoden- teil 20 in dem Zuweg 8 des Anodenweges 6. Dem Wassereinspritzer 26 in dem Zuweg 8 wird Wasser über eine Leitung 50 zugeführt. In Durchflußrichtung des Wassers sind in der Leitung 50 eine Pumpe 52, ein weiterer Wärmetauscher 44 und der Wärmetauscher 32 angeordnet.

In dem Shift-Reaktor 30, der bevorzugt auch in die benachbarten Wärmetauscher 28, 32 integriert sein kann, wird ein Großteil des Kohlenmonoxids CO mit dem Wasser H<sub>2</sub>O des Anodenabgases zu Kohlendioxid CO<sub>2</sub> und Wasserstoff H<sub>2</sub> umgewandelt. Eine Shiftreaktion für die Umwandlung von Kohlenmonoxid CO und Wasser H<sub>2</sub>O zu Kohlendioxid CO<sub>2</sub> und Wasserstoff H<sub>2</sub> findet nicht nur in dem Shift-Reaktor 30 statt, sondern erfolgt teilweise auf der gesamten Länge des Abweges 10 des Anodenteils 20. Demzufolge dient der gesamte Abweg 10 des Anodenteils 20 zur Anreicherung von Wasserstoff H<sub>2</sub> aus dem Anodenabgas.

Anschließend überträgt das Anodenabgas in dem Wärmetauscher 32 einen weiteren Teil seines Wärmeinhalts an das Wasser in der Leitung 50.

Ein Anteil von Wasser wird in dem Wasserabscheider 34 aus dem Anodenabgas entfernt. Einen weiteren Anteil seines Wärmeinhaltes überträgt das Anodenabgas in dem Wärmetauscher 24 an den Brennstoff in dem Zuweg 8 für den Anoden- teil 20 des Hochtemperatur-Brennstoffzellenmoduls 4. In der Wasserstoffabtrennvorrichtung 36 werden alle neben dem Wasserstoff H<sub>2</sub> in dem Anodenabgas vorhandenen Komponenten abgetrennt, so daß in dem letzten Teil des Abweges 10 im wesentlichen nur noch der Wasserstoff H<sub>2</sub> vorhanden ist und anschließend der Vorrichtung 70 zugeführt werden kann.

Ein Oxidans, beispielsweise Luft oder Sauerstoff, wird über den Zuweg 14 des Kathodenweges 12 dem Kathodenteil 22 des Hochtemperatur-Brennstoffzellenmodul 4 zugeführt. In Durchflußrichtung sind in dem Zuweg 14 ein Verdichter 40 und ein Wärmetauscher 42 angeordnet. Das Oxidans wird in dem Verdichter 40 komprimiert, wobei zusätzlich die notwendige Durchflußmenge an Oxidans eingestellt werden kann, und anschließend in dem Wärmetauscher 42 erwärmt.

Nach erfolgter Reaktion in dem Kathodenteil 22 des Hochtemperatur-Brennstoffzellenmoduls 4 wird das Kathodenabgas über den Abweg 16 des Kathodenteils 22, in dem die Wärmetauscher 42, 44 angeordnet sind, der Außenluft zugeführt. In dem Wärmetauscher 42 überträgt das erwärmte Kathodenabgas des Kathodenteils 22 einen Teil seines Wärmeinhaltes an das Oxidans in dem Zuweg 14 für den Kathodenteil 22.

Der Einsatz der Wärmetauscher 24, 28, 32, 42 und 44 bewirkt, daß der Wärmeinhalt des Kathoden- und Anodenabgases des Hochtemperatur-Brennstoffzellenmoduls 4 zur Brennstoff- und Oxidansvorwärmung und damit zur Reformierung verwendet wird.

Gemäß der Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlage 65 2 in Fig. 2 ist in dem Zuweg 8 für den Anoden- teil 20 in Durchflußrichtung hinter dem Wassereinspritzer 26 ein Reformer 62 außerhalb des Hochtemperatur-Brenn-

stoffzellenmoduls 4 angeordnet. Die Wärmetauscher 24, 28 der Ausführungsform in Fig. 1 entfallen. Im Gegensatz zu der Ausführungsform in Fig. 1 wird das Brenngas nicht mehr innerhalb des Hochtemperatur-Brennstoffzellenmoduls 4 reformiert, sondern in dem externen Reformer 62, so daß das Brenngas bereits zumindest teilweise reformiert ist, bevor es in den Anoden- teil 20 eingespeist wird.

Das Abgas des Anodenteils 20 gibt über den Abweg 10 einen Teil seines Wärmeinhaltes an den Reformer 62 ab. Hinter dem Reformer 62 ist in dem Abweg 10 des Anodenteils 20 ein Verdampfer 64 angeordnet, in dem das Abgas einen weiteren Teil seines Wärmeinhaltes an den Wasserdampf zum Befeuchten des Brennstoffes für den Reformer 62 überträgt. Anschließend durchläuft das Abgas des Anodenteils 20 die Wasserstoffabtrennvorrichtung 36, wobei hinter der Wasserstoffabtrennvorrichtung 36 nur noch Wasserstoff H<sub>2</sub> in dem Anodenabgas vorhanden ist und der Vorrichtung 70 zugeführt wird.

Das Kathodenabgas wird über den Abweg 16 des Kathodenteils 22, in dem der Wärmetauscher 42 angeordnet ist, dem externen Reformer 62 zugeführt. Nach Abgabe eines Teiles seines Wärmeinhaltes zum Reformieren des Brenngases für den Anoden- teil 20 durchläuft das Kathodenabgas den Verdampfer 64, wo ein weiterer Teil seines Wärmeinhaltes an das Wasser für die Befeuchtung der Brennstoffes für den Reformer 62 abgegeben wird. Anschließend wird das Kathodenabgas, das im wesentlichen Luft enthält, an die Außenluft abgegeben.

Aus dem Abweg 16 des Kathodenteils 22 zweigt ein Abzweig 72 zwischen dem Kathodenteil 22 und dem Wärmetauscher 42 ab. Der Abzweig 72 speist einen Teil des Kathodenabgases des Kathodenteils 22 zur Abgabe seines Wärmeinhaltes direkt in den externen Reformer 62 ein. Nachdem ein Teil seines Wärmeinhaltes abgegeben worden ist durchläuft dieser Anteil des Kathodenabgases den Verdampfer 64 und wird anschließend ebenfalls an die Außenluft abgegeben.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlage (2), die ein Hochtemperatur-Brennstoffzellenmodul (4) mit einem Anoden- (20) und einem Kathodenteil (22) umfaßt, bei dem das für die elektrochemische Reaktion erforderliche Brenngas durch einen Reformierungsprozeß erzeugt wird, wobei mehr Wasserstoff H<sub>2</sub> erzeugt wird, als bei der elektrochemischen Reaktion in dem Hochtemperatur-Brennstoffzellenmodul (4) verbraucht wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Wärmeinhalt aus der elektrochemischen Reaktion im Hochtemperatur-Brennstoffzellenmodul (4) zum Reformieren des Brenngases verwendet wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Brenngas innerhalb des Hochtemperatur-Brennstoffzellenmoduls (4) reformiert wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, bei dem das Brenngas vor dem Eintreten in das Hochtemperatur-Brennstoffzellenmodul (4) reformiert wird.

5. Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlage (2), die wenigstens ein Hochtemperatur-Brennstoffzellenmodul (4) mit einem Anoden- (20) und einem Ka-

thodenteil (22) umfaßt, bei der eine als Speicher vorgesehene Vorrichtung (70) in einem Abweg (10) des Anodenteils (20) angeordnet ist.

6. Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlage (2), die wenigstens ein Hochtemperatur-Brennstoffzellenmodul (4) mit einem Anoden- (20) und einem Kathodenteil (22) umfaßt, bei der eine als Verbraucher vorgesehene Vorrichtung (70) in einem Abweg (10) des Anodenteils (20) angeordnet ist. 5

7. Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlage (2) nach 10 einem der Ansprüche 5 oder 6, bei der zum Reformieren eines Brenngases für eine elektrochemische Reaktion ein innerhalb des Hochtemperatur-Brennstoffzellenmoduls (4) angeordneter Reformer (5) vorgesehen ist. 15

8. Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlage (2) nach Anspruch 7, bei der wenigstens ein Wärmetauscher (24, 28, 32) in dem Abweg (10) des Anodenteils (20) zur Übertragung des Wärmeinhaltes eines Anodenabgases über einen Zuweg (8) an den innerhalb 20 des Hochtemperatur-Brennstoffzellenmoduls (4) angeordneten Reformer (5) vorgesehen ist.

9. Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlage (2) nach Anspruch 8, bei der ein Shift-Reaktor (30) zur Erzeugung von Wasserstoff H<sub>2</sub> im Abweg (10) des 25 Anodenteils (20) angeordnet ist.

10. Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlage (2) nach Anspruch 9, bei der der Shift-Reaktor (30) zwischen den beiden Wärmetauschern (28, 32) im Abweg (10) des Anodenteils (20) angeordnet ist. 30

11. Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlage (2) nach einem der Ansprüche 7 bis 10, bei der wenigstens ein Wärmetauscher (42, 44) in einem Abweg (16) des Kathodenteils (22) zur Abgabe des Wärmeinhaltes eines Kathodenabgases vorgesehen ist. 35

12. Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlage (2) nach einem der Ansprüche 5 oder 6, die wenigstens ein Hochtemperatur-Brennstoffzellenmodul (4) mit einem Anoden- (20) und einem Kathodenteil (22) umfaßt, bei der ein Reformer (62) außerhalb des 40 Hochtemperatur-Brennstoffzellenmoduls (4) in einem Zuweg (8) für den Anodenteil (20) angeordnet ist.

13. Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlage (2) nach Anspruch 12, bei der ein Abweg (16) des Kathodenteils (22) zur Übertragung des Wärmeinhaltes eines Kathodenabgases an den Reformer (62) vorgesehen ist. 45

14. Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlage (2) nach Anspruch 13, bei der im Abweg (16) des Kathodenteils (22) ein Abzweig (72) zur Übertragung des Wärmeinhaltes eines Kathodenabgases an den Reformer (62) vorgesehen ist. 50

15. Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlage (2) nach Anspruch 12, bei der der Abweg (10) des Anodenteils (20) zur Übertragung des Wärmeinhaltes eines Anodenabgases an den Reformer (62) vorgesehen ist. 55

**- Leerseite -**

---

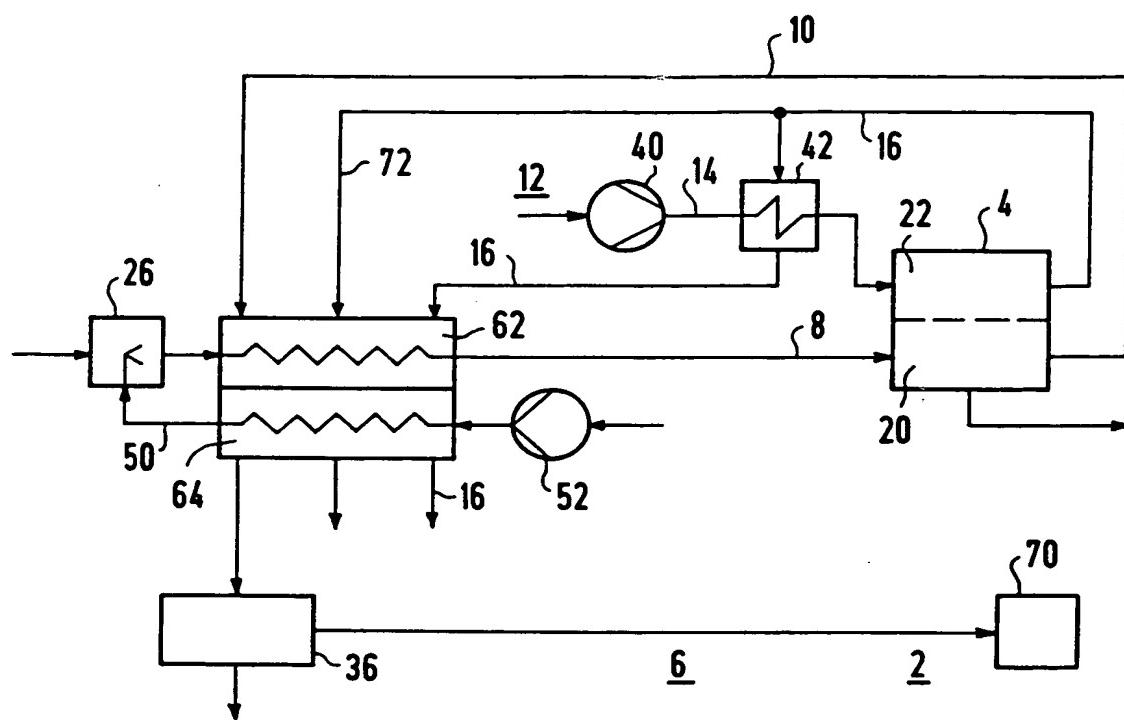
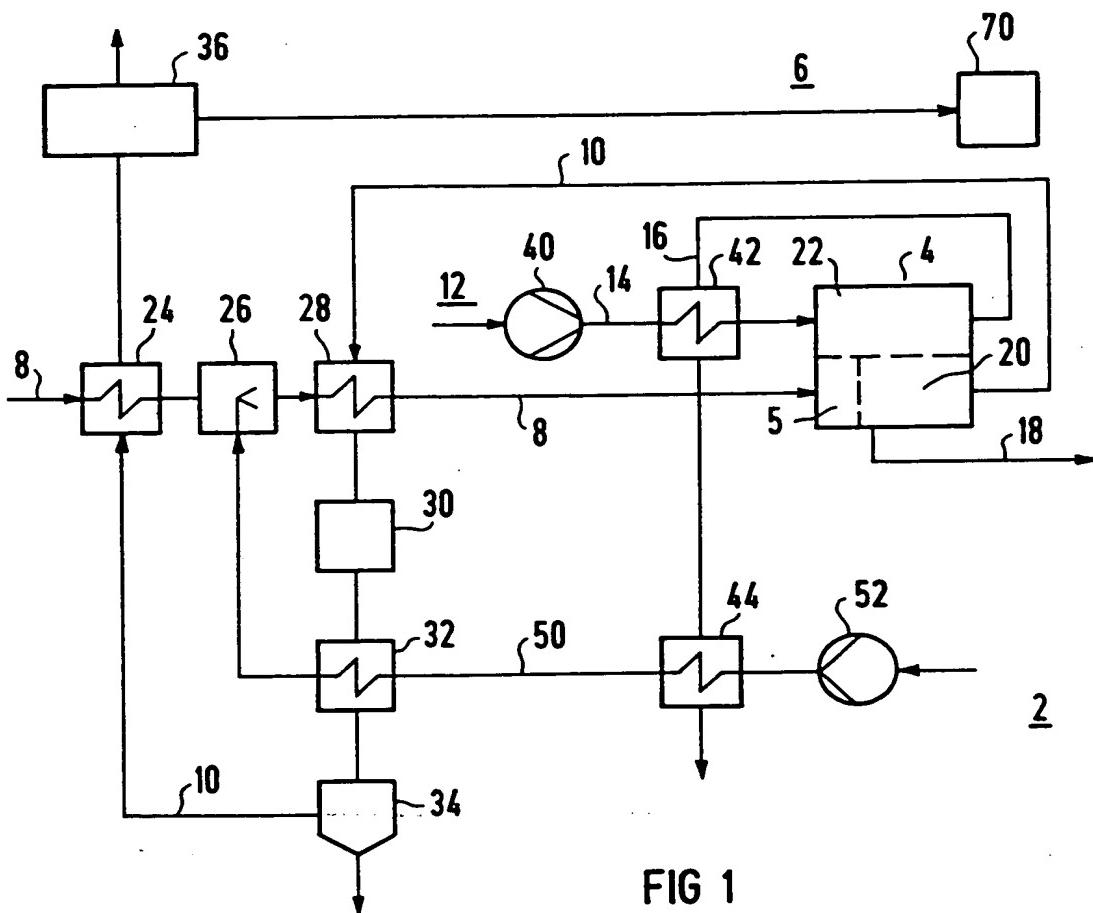


FIG 2



**FIG 1**